

⑮ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 41 632 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 64 C 13/16**

⑦ Aktenzeichen: 198 41 632.6  
② Anmeldetag: 11. 9. 1998  
④ Offenlegungstag: 23. 3. 2000

⑦ Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦ Erfinder:  
Becker, Jürgen, Dr., 81479 München, DE

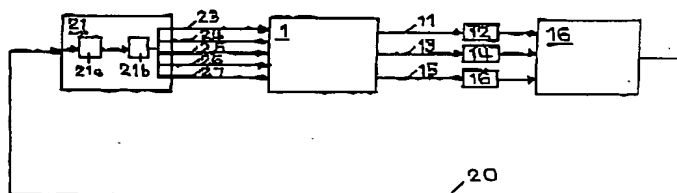
⑥ Entgegenhaltungen:  
US 51 86 416  
US 50 72 893  
US 49 05 934  
US 47 25 020

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Verfahren und Vorrichtung zum Abschwächen der Auswirkung von Böen und Buffeting auf ein fliegendes Flugzeug

⑤ Verfahren zur Abschwächung der Auswirkung von Böen und Buffeting auf ein fliegendes Flugzeug mit den folgenden Schritten: meßtechnische Erfassung der aus den Böen und dem Buffeting entstehenden Störungen (16) auf das Flugzeug mittels einer Trägheitssensorik (21); Zuführung der erfaßten Störgrößen dem Flugzeugregelsystem (1); Erzeugen von den Störungen (16) entgegengerichteten Steuerklappen-Bewegungen durch Generierung entsprechender Stellsignale (11, 13, 15) an die jeweiligen Stellantriebe (12, 14, 16).



## Beschreibung

2

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung von äußeren Störungen, insbesondere von Böen und Turbulenzen, auf das Verhalten eines fliegenden Flugzeugs, insbesondere eines bemannten Starrflüglers, eines Flugkörpers oder eines Hubschraubers sowie zum Abschwächen von Buffeting gemäß dem Oberbegriff des Patentsanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

Ein weiterer Gesichtspunkt der Erfindung ist das sogen. Buffeting oder "Schütteln", d. h. die Antwort des Flugzeug-Verhaltens aufgrund abgelöster Strömung ("buffet") und Wirbelplätzen im hohen Anstellwinkelbereich. Die dynamischen Belastungen aus dem Vorgang abgelöster Strömung sind hoch und führen zu Auslegungs-Kriterien für die Flügel und das Leitwerk von Flugzeugen, insbesondere bei bemannten Kampfflugzeugen. Ein Abschwächen der Auswirkung dieser Störungen ist also bei der Auslegung von Flugzeugen und bei der Erhöhung und Kontrolle der Belastungsgrenzen von Flugzeugen von großer Bedeutung.

Das Verhalten eines fliegenden Flugzeugs in einer turbulenten Atmosphäre sollte so ruhig wie möglich sein, aber mindestens im Rahmen bekannter Vorschriften liegen. Dies gilt insbesondere für Passagiermaschinen, für die es spezielle Anforderungen hinsichtlich des Passagier-Komforts, auch "Ride Comfort" genannt, gibt. Dabei wirken äußere Störungen, insbesondere Böen und Turbulenzen, direkt auf Strukturteile des Flugzeugs, die dadurch zu Schwingungen auf Grund der Eigenformen der Struktur und zu Vibrationen angeregt werden. Auf Grund dieser Wirkung wird das Flugverhalten und insbesondere der Passagier- und Piloten-Komfort, ungünstig beeinflusst und die Struktur des Flugzeugs belastet.

Bisher wurden für Reduktionen der Auswirkungen solcher äußerer atmosphärischer Störungen auf das Flugzeug Sensoranordnungen, insbesondere Beschleunigungsaufnehmer an verschiedenen Orten des Flugzeuges angeordnet. Vorzugsweise wurden Beschleunigungsaufnehmer an den Flügelspitzen, an Orten des Rumpfes und an den Spitzen des Höhen- und Seitenleitwerkes angeordnet. Deren Signale wurden nach einer Signalaufbereitung im Regler verarbeitet und bei der Ermittlung der Stellgrößen für die Stellantriebe der Rudersflächen berücksichtigt. Derartige Systeme sind beispielsweise beschrieben in "Proceedings on the 26th Aircraft Symposium", Sendai, Japan, 19.-21. Oktober, "Japan Publications Trading Company", Tokyo, 1988, Seiten 160 163 oder in "DGLR Paper" 84-094 der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, Jahrestagung, 1.-3.10.84, Hamburg.

Ein Nachteil dieser Sensoranordnungen bzw. -Systeme ist, daß der meßtechnische Aufwand und auch der Aufwand für die Regel- und Stelleinrichtungen sehr hoch ist. Insbesondere bei geregelten Flugzeugen wird der Aufwand noch dadurch erhöht, daß für den Fall eines Fehlers in derartigen Sensoranordnungen entsprechende Fehlererkennungs- und Systemrekonfigurations-Funktionen vorgesehen werden müssen, um solche Fehler zumindest in ihrer Wirkung zu begrenzen oder auch zu kompensieren.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Abschwächung der Auswirkung von äußeren Störungen auf ein fliegendes Flugzeug zu schaffen, bei denen der meßtechnische und der System-Aufwand erheblich reduziert werden kann.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weitere Ausführungsformen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bzw. der erfin-

dungsgemäßen Vorrichtung ist der geräte-technische Aufwand äußerst gering und besteht je nach dem zu betrachtenden Flugregelsystem lediglich in einer Bereitstellung zusätzlicher Verbindungen zwischen der Inertial- oder Trägheitssensorik für das Flugregelsystem und den eigentlichen Flugregelsystemen. Hinzu kommt ein funktionaler Aufwand zur phasengerechten Verarbeitung der zur Dämpfung des Flugverhaltens von der Trägheitssensorik zurückgeführten Größen. Dieser Aufwand ist jedoch bei den Verfahren nach dem Stand der Technik sehr viel höher, da dort Einrichtungen geschaffen werden müssen, um die Signale der Beschleunigungssensoren phasengerecht aufzubereiten und zu überwachen. Wird davon ausgegangen, daß eine Trägheitssensorik und ein Flugregelsystem bereits an Bord des betrachteten Flugzeugs ist, so ist das Flugregelsystem lediglich funktional an die Rückführung zusätzlicher Größen aus der Trägheitssensorik zum Zwecke der Dämpfung des Flugverhaltens erforderlich.

Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, daß im wesentlichen allein mit den Ausgangssignalen einer für ein Flugregelsystem geeigneten Trägheitssensorik die Auswirkungen von atmosphärischen Störungen auf das fliegende Flugzeug erfaßt und durch entsprechende Zuführung und Verarbeitung dieser Größen im Flugregelsystem gedämpft werden können.

Die Erfindung wird im folgenden anhand der Figur beschrieben, die ein Blockschreibbild eines geschlossenen Regelkreises mit einem Flugregelsystem, Stellantrieben und einer Trägheitssensorik darstellt.

Die Figur zeigt ein elektronisches Flugregelsystem 1, daß über zumindest eine Datenverbindung 11 mit einem oder mehreren Stellantrieben 12 für die Höhenruder, mit einer Datenverbindung 13 mit den Stellantrieben 14 für die Querruder und mit einer Datenverbindung 14 mit Seitenruder-Stellantrieben 15 verbunden ist. Jede Datenverbindung 11, 13, 14 kann wieder mehrere elektrische analoge oder digitale Leitungen umfassen. Die Auswirkungen auf das Flugzeugverhalten, daß symbolisch mit Funktionsblock 16 dargestellt ist, wird ebenfalls symbolisch mit den Verbindungslinien 17, 18, 19 dargestellt. Das Flugzeugverhalten 16 wird mittels einer dem elektronischen Flugregelsystem 1 zugeordneten Trägheitssensorik erfaßt, was symbolisch mit der Verbindungslinie 20 dargestellt ist. Die Trägheitssensorik 21 wiederum ist über analoge Signalleitungen oder digitale Datenverbindungen 22 mit dem elektronischen Flugregelsystem 1 verbunden. In der vorliegenden Erfindung sind als Signal- bzw. Datenverbindungen 22 nur die Verbindung für die Vertikalbeschleunigung 23, die Nickrate 24, die Seitenbeschleunigung 25, die Rollrate 26 und die Gierrate 27 dargestellt.

Diese Größen werden mittels der Trägheitssensorik 21 ermittelt und dort oder im elektronischen Flugregelsystem konsolidiert, d. h. bei Vorliegen von Daten mehrerer Sensoren und zum Teil anderer Sensoren abgeglichen. Sowohl die Trägheitssensoren 21 wie auch das elektronische Flugregelsystem 1, was vorzugsweise mehrere redundante und zwar ähnliche oder dissimilare Bestandteile, die gegenseitig wiederum im Austausch stehen, um Auftreten der Fehler zu erkennen, zu identifizieren und geeignete Rekonfigurationsmechanismen zur Aufrechterhaltung der gesamten Flugsteuerungsfunktionen zu gewährleisten. Dabei können die Funktionen der Trägheitssensorik 21, die den eigentlichen Trägheitssensor-Komponenten (auch nicht gezeigt) funktional nachgeschaltet sind, mit den Funktionen des elektronischen Flugregelsystems 1 in einer Datenverarbeitungseinrichtung funktional integriert sein oder von dieser funktional getrennt und disloziert sein. Die Signal- und Datenverbindungen 22 können daher auch softwaremäßig realisiert sein.

Erfindungsgemäß werden zur Dämpfung der Längsbewegung des Flugzeugs die Vertikalbeschleunigung 23 und die Nickrate 24 oder einer dieser Größen dem Flugregelsystem 1 zugeführt und in diesem nach einer regeltechnischen Verarbeitung in dem Stellsignal für diejenigen Stellantriebe mitberücksichtigt, die je nach Flugzeugkonfiguration für die Beeinflussung der Längsbewegung des Flugzeugs zuständig sind. Bei den meisten Starrflüglern sind dies die Höhenruder-Stellantriebe 12.

Zur Dämpfung des Flugzeugverhalten in der Seitenbewegung werden die in der Trägheitssensorik 21 ermittelten Werte für die Seitenbeschleunigung 25, die Rollrate 26 oder die Gierrate 27 oder die Kombination zweier oder sämtlicher dieser Größen dem elektronischen Flugregelsystems 1 zugeführt. Dort werden diese Größen verarbeitet und zur Dämpfung von Störungen, die Einfluß auf die Seitenbewegung des Flugzeugs haben, bei den Stellsignalen für diejenigen Stellantriebe berücksichtigt, die für die Seitenbewegung des Flugzeugs zuständig sind. Dies geschieht bei den meisten Starrflüglern über entsprechende Leitungen 13, 15 mittels der Querruder-Stellantriebe 14 und der Seitenruder-Stellantriebe 16.

Je nach Art des Flugzeugs sind für jedes an diesem vorgesehene Höhenruder vorzugsweise mehrere Stellantriebe vorgesehen. Dies gilt ebenso für die Querruder, die Seitenruder oder weitere Steuerflächen des Flugzeugs, die je nach Konfiguration des Flugzeugs zusammen mit jeweils einem Stellantrieb an diesem vorhanden sind. In entsprechender Weise und zusätzlich abhängig von dem Sicherheitskonzept des Flugregelsystems 1 sind für jeden Stellantrieb 12 eine oder mehrere Daten- oder Signalverbindungen 11 vorgesehen. Jedem Stellantrieb 12 kann weiterhin noch eine Signal- oder Datenverarbeitung zugeordnet sein, die entweder physisch am Stellantrieb oder entfernt von diesem im Flugzeug vorgesehen ist. Analoges gilt für die Stellantriebe anderer Steuerflächen des Flugzeugs und deren zugehöriger Signal- und Datenverbindungen.

Die von der Trägheitssensorik dem Flugregelsystem 1 zugeführten Daten 23, 24, 25, 26 und/oder 27 werden in dem Flugregelsystem 1 vorzugsweise in Filterstufen (auch nicht gezeigt) gefiltert, unter anderem um das Anregen von Eigenfrequenzen der Flugzeugstruktur mittels der Stellantriebe 12, 14, 16 zu vermeiden. Zur Regelung des Flugzeugs werden diese, andere Sensordaten und abgespeicherte Daten miteinander regelungstechnisch verarbeitet. In bezug auf die Dämpfung von atmosphärischen Störungen werden die dafür jeweils vorgesehenen Daten 23, 24, 25, 26 und/oder 27 mit den Werten dieser Daten vorausgehender Berechnungszyklen verglichen und die daraus ermittelten jeweiligen Phasendifferenzen nach entsprechender Verstärkung als Stellsignale über die Leitungen 11, 13, 15 an die Stellantriebe 12, 14, 16 geschickt. Diese bewirken entsprechende Ausschläge der Steuerklappen, die den atmosphärischen Störungen auf das Flugzeug entgegenwirken. Die Dämpfung der auf das Flugzeug wirkenden Störungen wird dann erreicht, wenn die Daten 23, 24, 25, 26 und/oder 27 phasengerecht in dem Flugregelsystem verarbeitet werden. Dann kann mittels geeigneter Stellsignale auf die hochfrequenten Eigenformen der Flugzeugstruktur im Sinne einer Dämpfung der Auswirkungen von atmosphärischen Störungen auf das Flugzeug.

Das gesamte System von der Trägheitssensorik über das Flugregelsystem 1 und die Stellantriebe 12, 14, 16 muß schnell genug sein, d. h. einen entsprechend geringen Phasenverzug aufweisen, und die Stellantriebe 12, 14, 16 müssen eine entsprechende Leistung und insbesondere Stellgeschwindigkeiten bereitstellen, um eine ausreichend schnelle Bewegung der Steuerklappen des Flugzeugs zu erreichen

und eine wirksame und zeitgerechte Dämpfung der Auswirkung von Störungen auf das Flugzeug zu dämpfen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung von Böen und Buffeting auf ein fliegendes Flugzeug mit den folgenden Schritten:
  - meßtechnische Erfassung (16) der aus den Böen und dem Buffeting resultierenden Störungen auf das Flugzeug mittels einer Trägheitssensorik (21).
  - Zuführen der erfaßten Störgrößen dem Flugregelsystem (1),
  - Erzeugen von den Störungen (16) entgegengerichteten Steuerklappen-Bewegungen durch Generierung entsprechender Stellsignale (11, 13, 15) an die jeweiligen Stellantriebe (12, 14, 16).
2. Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung Böen und Buffeting auf ein fliegendes Flugzeug nach dem Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Seitenbewegung des Flugzeugs beeinflussende Störungen gedämpft werden, wobei die Seitenbeschleunigung (25) von der Trägheitssensorik (21) gemessen und dem Flugregelsystem (1) zugeführt wird.
3. Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung von Böen und Buffeting nach dem Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich die Rollrate (26) von der Trägheitssensorik (21) erfaßt und dem Flugregelsystem (1) zugeführt wird.
4. Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung von Böen und Buffeting nach dem Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Gierrate (27) von der Trägheitssensorik (21) erfaßt und dem Flugregelsystem (1) zugeführt wird.
5. Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung von Böen und Buffeting nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsbewegung des Flugzeugs gedämpft wird, wobei die Vertikalbeschleunigung (23) von der Trägheitssensorik (21) erfaßt und dem Flugregelsystem (1) zugeführt wird.
6. Verfahren zum Abschwächen der Auswirkung von Böen und Buffeting nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zur Dämpfung von Auswirkungen in der Längsbewegung die Nickrate (24) von der Trägheitssensorik (21) erfaßt und dem Flugregelsystem (1) zugeführt wird.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1-6, mit einer Trägheitssensorik (21) zum Erfassen der atmosphärischen Störungen, mit einem Flugregelsystem (1), dem über Signal- oder Datenverbindungen (22) die zur Dämpfung der Störungen von der Trägheitssensorik (21) ermittelten Größen (23, 24, 25, 26, 27) zugeführt und dort mit Soll-Signalen verglichen werden, wobei in der Vorrichtung die entstehenden Differenzwerte nach einer regeltechnischen Verarbeitung als Stellsignale an entsprechende den Steuerklappen des Flugzeugs zugeordnete Stellantriebe (12, 14, 16) zugeführt wird.
8. Vorrichtung zur Dämpfung der Auswirkung von Böen und Buffeting nach dem Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Vertikalbeschleunigung (23) von der Trägheitssensorik (21) erfaßt und dem elektronischen Flugregelsystem (1) zugeführt wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

BEST AVAILABLE COPY

Nummer:

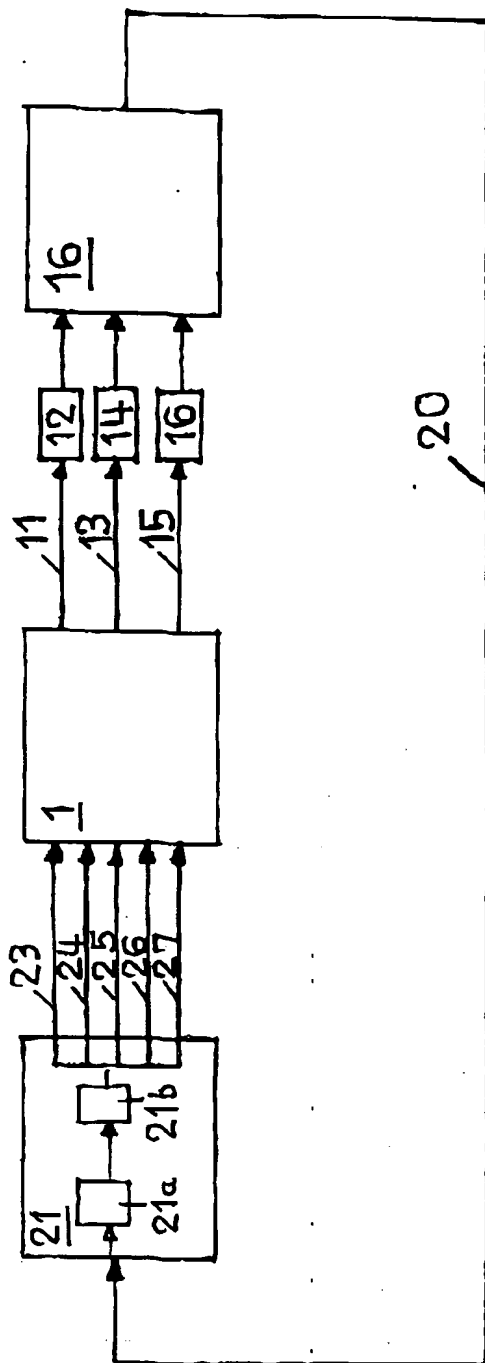
Int. Nr.:

Offenlegungstag:

DE 198 41 632 A1

B 64 C 13/16

23. März 2000



Figur